



EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut

**Kaarel Jõgi**

**HARVENDUSRAIE MÕJU PUUDE RADIAALSELE  
JUURDEKASVULE KUUSIKUS**  
THE IMPACT OF THE THINNING ON THE RADIAL GROWTH OF  
THE TREES IN SPRUCE STAND

Bakalaureusetöö  
Metsanduse õppekava

Juhendaja: prof. Henn Korjus

Tartu 2021

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		<b>Bakalaureusetöö lühikokkuvõte</b>	
Autor: Kaarel Jõgi		Õppekava: Metsandus	
Pealkiri: Harvendusraie mõju puude radiaalsele juurdekasvule kuusikus			
Lehekülgi: 28	Jooniseid: 11	Tabeleid: 3	Lisaid: 0
Osakond: Metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: Metsandusteadus, B430 Juhendaja(d): Henn Korjus Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021			
<p>Bakalaureusetöös on välja toodud harvendusraie mõju puude radiaalsele juurdekasvule kuusikus. Tänapäeval on Eestimaal ja ka mujal Euroopas kuusikute majandamine väga problemaatiline ja aktuaalne teema. Töö eesmärk on uurida puhtkuusikus radiaalse juurdekasvu reageerimist raiele sõltuvalt puudevahelise konkurentsi muutmisest harvendusraie tulemusena. Välja on toodud ka üldine arutelu harvendusraietest kuusikutes ja kuuse bioloogilistest, ökoloogilistest iseärasustest.</p> <p>Töös antakse ülevaade kirjanduses leiduvatele allikatele ja arutletakse välitöödel saadud tulemuste osas. Bakalaureusetöö tulemusena kirjeldati puhtkuusiku seisundit enne raiet ja pärast raiet. Kõige olulisem osa tööst oli antud proovitüki/katseala reageerimine harvendusraiele puude radiaalsele juurdekasvule.</p>			
Märksõnad: harvendusraie, puhtkuusik, radiaalne juurdekasv			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Bachelor’s thesis brief summary	
Author: Kaarel Jõgi		Curriculum: Forestry	
Title: THE IMPACT OF THE THINNING ON THE RADIAL GROWTH OF THE TREES IN SPRUCE STAND			
Pages: 28	Figures: 11	Tables: 3	Appendixes: 0
Department / Chair: Chair of Forest Management Planning and Woods Processing Technologies Field of research and (CERC S) code: Forest Science, B430 Supervisors: Henn Korjus Place and date: Tartu, 2021			
<p>In my bachelor work I studied the impact of the thinning on the radial growth of trees in spruce stand. Nowadays, managing spruce stands is very problematic and actual in Estonia and in Europe. The main aim of the research was to study the thinning impact of the trees in spruce stand and also how trees can compete with each other. Also, a the study overall discussion about thinning in spruce stand and ecological and biological features is presented in the study.</p> <p>The bachelor thesis gives an overview of the literature and discussion on the results of the fieldwork. In the results of the work we describe the condition in spruce stand before and after the thinning. The most important finding is how the thinning managed to change the forest radial growth in the long term.</p>			
Keywords: thinning, spruce stand, radial growth			

# SISUKORD

<b>SISSEJUHATUS .....</b>	<b>5</b>
<b>1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....</b>	<b>6</b>
1.1 Harliku kuuse – bioloogilised ja ökoloogilised iseärasused .....	6
1.2 Kuuse radiaalkasv ja aastarõngad.....	8
1.3 Harvendusraie kuusikus.....	10
<b>2. MATERJAL JA METOODIKA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna üldiseloostus .....	12
2.2 Välitööd.....	14
2.3 Sisetööd ja andmetöötlus.....	18
<b>3. TULEMUSED .....</b>	<b>20</b>
3.1 Puistu seisund enne raiet .....	20
3.2 Puistu seisund pärast raiet .....	21
3.3 Puude juurdekasv .....	21
<b>4. ARUTELU.....</b>	<b>23</b>
<b>KOKKUVÕTE.....</b>	<b>25</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>26</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUS.....</b>	<b>27</b>

## SISSEJUHATUS

Metsade majandamise oluliseks võtteks on harvendusraie. Harvendusriega parandatakse puistus allesjäävate puude kasvutingimusi, soodustatakse väärtuslike puuliikide esinemist ning eemaldatakse allajäänud ja haiged puud. Harvendusraie mõjutab puude kasvu igal puul erinevalt. Puistu täius ei tohiks harvendusraie tulemusel langeda alla teatud piiri (nt. 60 protsendi), kuna siis ei suuda allesjäävad puud täiendavalt tekkinud kasvuruumi enam efektiivselt kasutada, ning mitmesuguste raiejärgsete kahjustuste risk suureneb märkimisväärselt. Hiljem, kui puistu saavutab oma küpsusvanuses, on hooldusraiete tulemusena saavutatud uuendusraieks parema kvaliteediga puistu. Et puistu majandamisel saavutada maksimaalset hea tulemus, on vaja teha hooldusraied õigel ajal ja viisil.

Tänapäeval on Eestimaal ja ka mujal Euroopas kuusikute majandamine väga problemaatiline ja aktuaalne teema, seda erinevate kahjustuste tõttu kui ka kasvutingimuste osas.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on uurida harvendusraie mõju puude radiaalsele juurdekasvule ühevanuselises istutatud puhtkuusikus. Seejuures vaadeldakse puude radiaalse juurdekasvu reageerimist raiele sõltuvalt puudevahelise konkurentsi muutmisest harvendusraie tulemusena. Bakalaureusetööle püstitati järgnevad hüpoteesid: 1) harvendusraie muudab radiaalselt juurdekasvu erinevatel puudel erinevalt ja see sõltub eelkõige puudevahelise konkurentsi muutumisest; 2) puude radiaalkasv sõltub rohkem kasvuruumi suurusest kui kasvuruumi muutumisest harvendusraie käigus. Teema sai valitud, kuna tänapäeval on Eestimaal ja üleüldse kuusikute majandamine väga problemaatiline ja aktuaalne teema, seda nii erinevate kahjustuste näol ja kasvutingimuste osas.

Bakalaureusetöö koosneb nii teoreetilisest kui ka praktilisest osast. Bakalaureusetöö esimeses osas antakse kirjanduse põhjal ülevaade kuuse bioloogiliste ja ökoloogiliste iseärasuste kohta ning harvendusraie teostamisest kuusikutes. Bakalaureusetöö teises osas on välja toodud välitööde metoodika, andmete analüüs ning arutletakse saadud tulemuste üle.

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1 Harliku kuuse – bioloogilised ja ökoloogilised iseärasused

Eesti metsade üldpindala on 2,3 miljonit hektarit 2019 aasta seisuga. Kuusepuistused on Eestis hinnanguliselt 378 000 hektarit. (Keskkonnaagentuur, 2019) Harilikku kuuske peetakse Eestis kõige tootlikumaks puuliigiks. Leviala maailmas on lai, Põhja- ja Kesk-Euroopast kuni Vaikse ookeani kallasteni (Sander, 2011).

Harilik kuusk (*Picea abies*) on varjutaluv puuliik. Kuusk on külmahell. Võib kasvada tiheda metsana, alusmetsana, järelkasvuna. Kuuse okastik elab tavaliselt 5-7 aastat, seega aastas vahetub ainult 12-20% okastikust ja reageerimine harvendusraiele võtab aega umbes 2-3 aastat. Kuuse juurestik on väga maapinna lähedane ja sellepärast ka väga põuakartlik. Kuuske peetakse väga tormi hellaks puuliigiks, eriti siis kui on saavutanud oma küpsusvanuse, milleks on siis vastavalt kasvukohale 60-90 aastat (Metsaseadus, 2021). Kuuse seemneaastad on iga 5-6 aasta tagant, sellest tingitud tuleb arvestada kuuse loodusliku uuenduse saamist. Tavaliselt kõige paremad ja tootlikumad kuused kasvavad värskel parasniiskel saviliiv- ja liivsavimullal. Tuleb arvesse võtta kuuse kasvukiiruse omapära. Noores eas on kuused aeglase kasvuga ja satuvad tihti teise rindesse, lehtpuud ja põõsad kasvavad kiiremini. Viljakal pinnasel vajab kuusk rohkem hooldust, kuna seal on konkurents väga tihe (Sander, 2011).

Tabel 1. Kuusikute uuendusraiet lubavad vanused ja diameetrid boniteediklasside kaupa (Metsa majandamise eeskiri, 2021)

Puuliik		Boniteediklass						
Harilik kuusk		1A	1	2	3	4	5	5A
	Vanus (a)	60	70	80	90	90	90	90
	Diameeter (cm)	26	26	26	26	26	26	26

Juure- ja tüvemädanikele on kuusk väga vastuvõtlik. Näiteks juurepess on seenhaigus ja ta levib kõikjal Eesti metsades. Ta kahjustab peamiselt kuuse juurestiku ja levib mullas. Tüved, mis on nakatunud mädanikuga murduvad väga kergesti. (Aruste, 2008) Nakatumist erinevatesse haigustesse soodustab veel väga tugevalt ulukite tegevus, nt põdra poolt kooritud tüved, mille tulemusena saab kuusekooreürask väga kiirelt levima hakata. Mõjutavad ka kevad-suvised raied. Kuuse-kooreürask on päris tõsine kahjustaja eesti kuusikutes. Puistu kvaliteet langeb aja jooksul jõudsasti. Kui näiteks alguses koosnes puistu suures osas palgi materjalist, siis aja jooksul tekitatud kahju kuuse-kooreüraski poolt viib selle kütte ja paberipuu tasemeni metsas. (Maamets, 2020)



Joonis 1. Põdra ja kuuse kooreüraski poolt tekitatud kahjustus ( Foto: Olev Kenk)

Istutatud puhtkuusikus on nooremas eas soovituslik teha ulukitõrjet. Kõige levinuim tõrjevahend mida hetkel kasutatakse on Trico, mis koosneb veest ja lambarasvast. Tõrjeeffekti annab lambarasva lõhn. (Aitsam, 2013)

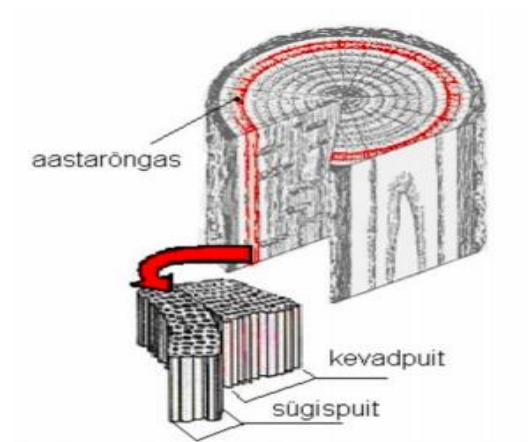
## 1.2 Kuuse radiaalkasv ja aastarõngad

Hariliku kuuse puit on värvuselt peaaegu valge, helekollase varjundiga, pehme, nõrgalt läikiv, hästi lõhestatav. Koosneb lüli- ja maltspuidust, mis on sama tooni. Puud, mis kasvavad aeglasemalt on puit värvuselt roosakas. Kuuse tüvi on peamiselt sirge ja läbimõõt on tavaliselt vanematel puudel kuni 1 meeter. Kasv kestab tavaliselt kõrge eani ja sellest tingituna on vanade puude latv terav. Kuuse tüvi ja oksad on halvasti laasuvad. Kuuskedel on selgesti näha et alumised oksad kuivavad puistus kiiresti. Oksad paiknevad tavaliselt horisontaalselt, tüve alumises osas ja vanematel puudel on nad rippuvad. Nooremate kuuskede tüvi koor on peamiselt sile. Vanuses 35-40 tekib puude tüve allosas lõhed ja sellest tingituna tekib plastjas korp. Vanematel puudel on ta värvuselt hallikaspruun. Puid mis on kaetud pakus korbaga esineb väga. Õhukese koorega puid leidub palju rohkem ja seetõttu saavad kuused hooldusraiete käigus tavaliselt koore- ja tüvevigastusi. Selgelt on eristatav puidu sügisene tumedam osa kevadisest heledamast osast. Puidu kasv toimub puidu ja koore vahel olevas kambiumrakkudes. Kevadel, kui puidus toimub mahlade intensiivne liikumine, hakkab kambium suurel hulgal endale moodustama õhukeseseinalisi puidurakke. See kestab tavaliselt juunikuuni. Paaril kuul tekkinud heledavärvilist rakkude kihti nimetatakse kevadpuiduks. Pärast seda perioodi muutub kambiumi tegevus tasapisi aeglasemaks ja lõpetab tegevuse septembris täielikult. Sellel perioodil tekkinud rakkude kihti nimetatakse sügispuiduks. Värvuselt on ta tumedam ja väiksemate seintega. Tüve ristlõikel on kevad ja sügispuit väga selgesti eristatav (vt. joonis 2). (Roos, 2021)

Kevad- ja sügispuit moodustavadki aastarõnga. See protsess kordub jälle iga kevad kui tumeda sügispuidu kõrvale hakkavad ilmuma heledab kevadpuidu rakud. Üleminek sügispuidult kevadpuidule on järsk. (vt. Joonis 3). (Roos, 2021)

Vahel võib aastarõngaste eristamine osutuda keerulisemaks. Näiteks kevad- ja sügispuitu loetakse kaheks aastaks, kui tegelikult on tegemist ühe aastaga. (vt. joonis 4). Selline nähtus tekib tavaliselt siis, kui on olnud põuaperiood. Tegemist on olnud näiteks kuiva suvega.

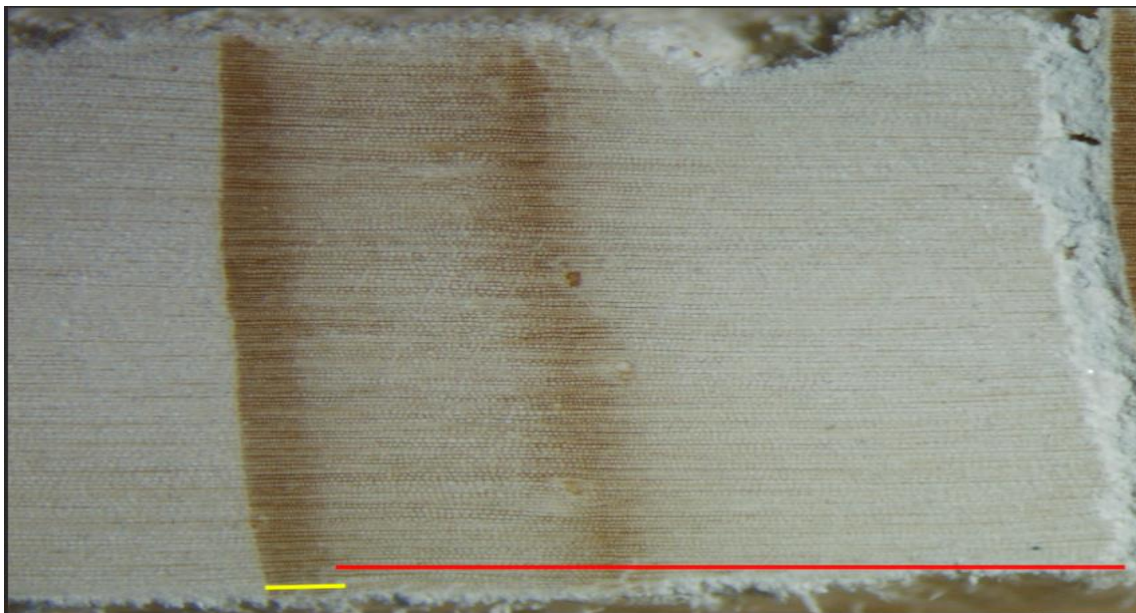




Joonis 2. Kevad- ja sügispuit



Joonis 3. Üleminek sügispuidult kevadpuidule (Foto: Kaarel Jõgi)



Joonis 4. Ühe aasta jooksul tekkinud aastarõngas, mida võib kogemata lugeda kaheks aastarõngaks. Punane on kevadpuut, kollane sügispuut (Foto: Kaarel Jõgi)

Kuusepuidus on keskmiselt 1,7 protsenti vaiku. Puidus on rohkesti oksakohti, samuti on kuusepuut kergesti lõhenev ja üsna kergesti kõmmelduv võrreldes näiteks männipuiduga. Sellest tingitult on ta halvem ehitusmaterjal võrreldes männipuiduga. Võrreldes männiga pole ta nii vaigune ega lase vett läbi ja sellest tingitult valmistatakse oksavabast kuusepuidust veenõusid.

### 1.3 Harvendusraie kuusikus

Harvendusraie põhiliseks eesmärgiks on puistu väärtuse tõstmine ja liigilise koosseisu parandamine, et tulevikus oleks puistu jätkusuutlik ja tagatakse lõppraies parem sortimentatsioon. Tegemist on metsamajandusliku võttega kus luuakse paremad tingimused puude kasvuks. Parandatakse metsa loodusliku uuenemise tingimusi, vähendatakse puistu tihedust (nt eemaldatakse allajäävad ja haiged puud), suurendatakse puistu vastupanuvõimet tormi- ja lumekahjustustele ning seenhaigustele (nt juurepess, kuusekooreürask). (Korjus, 2020) Metsaseadus sätestab, et Eestis võib harvendusraiet teha kõikides üle 8-sentimeetrise läbimõõduga puistutes. Puistu täis ei tohi langeda pärast raiet alla 60 protsenti, sest siis ei suuda allesjäävad puud enam olemasolevat kasvuruumi ära kasutada ja tekib ka suurem oht tormimurrule (nt puhtkuusikutes) (Tullus, 2002; Keskkonnaminister, 2021).

Harvendusraie kuusikutes on väga oluline, sest puhtkuusikuid nii lihtsasti looduslikult ei teki. Harvendusraiet tehakse kuusikus vastavalt kasvukohale ja looduslikule seisundile 1-2 korda raieringi jooksul. Esimene harvendus tehakse kuusikus 20-40 aasta vanuselt ja teine pärast 40 aastat kui selleks nähakse vajadus. Raieid tuleb teostada talvel külmunud ja lumega kaetud pinnasel, sest siis välditakse juuremädaniku teket. Tuleb meeles pidada, et väga oluline on alustada kuusikute hooldamisega juba noores eas, sest tulemused on näidanud, et kuusikute kohanemine uute tingimustega pärast harvendusraiet võtab aega. Leidub ka erandeid. Kui võtame puhtkuusiku, mille vanuseks on 20 aastat ja tihedus jääb 2000-3000 puud hektarile, siis pole vajadust kuuski harvendada kui varasemalt on kõik korralikult tehtud (nt noorendiku hooldused). Nii ei levi juurepess ja pole vajadust hiljem ka harvendada. Vajadus harvendusraiele võib tekkida 40-50 aastast (Tullus, 2002).

Miks peaks maaomanik oma metsas tegema harvendusraiet ja mitte jätma materjali metsa mädanema? Kui maaomanik tahab oma metsast saada võimalikult palju tulu, mets oleks korras ja haigustevaba, siis juba harvendusraiega saab ta oma metsast välja vedada ja kasutada peenpalki, kütet või paberipuud. Harvendusraiega tagab maaomanik endale juba tulevikus lõppraiega kvaliteetsema materjali (Kosenkranius, 2016).

## **2. MATERJAL JA METOODIKA**

### **2.1 Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna üldiseloostus**

Järvelja metaskonna üldpindala on 10 553 hektarit, millest metsamaad on 6626 hektarit ja sood 3147 hektarit. Järvelja metsadest on kaitse all 2723 ha (41% kogu metsamaast), millest rangelt kaitse all on umbes 323 hektarit (5% metsamaast). Peamised metsakasvukohatüübid Järvelja metsades on madaloo, angervaksa, jänesekapsa-mustika ja jänesekapsa-kõdusoo. Õppe- ja Kaitsemetskonna puistu koosluse moodustavad peamiselt kaasikud (59% pindalast), männikud on 20 protsenti, kuusikuid 10 protsenti ja sanglepikuid 7 protsenti. Metsade tüvepuidu tagavaraks on hinnatud 1 miljon m<sup>3</sup>. Aastas keskmine juurdekasv on 28 tuhat m<sup>3</sup>, keskmine boniteet on 2,5. (Järvelja, 2021)

Järvelja metsades raiutakse aastas hooldus- ja uuendusraietega kokku umbes 20 tuhat m<sup>3</sup> puitu. Suurem osa raietöid toimub sügisel või talvel, sest siis on kahjustus maapinnale ka väiksem. Kevad-suviste raiete korral on Järvelja metaskond kehtestanud teatud põhimõtted, mida tuleb järgida. Näiteks harvendus-, valik- ja uuendusraieid ei tohi teostada ajavahemikus 15. aprillist kuni 15. juulini. Samuti Harvendusraiet ei tohi teostada puhtkuusikus ja juurepessu ohtlikel aladel 15. aprillist kuni 15. augustini. Väga olulisel kohal on ka iga aasta uute metsakultuuride rajamine, umbes 30 hektarit aastas. Noorendike ja metsakultuure hooldatakse umbes 50 ha aastas. Õppemetskonnas vajavad iga aasta hooldust 63 km metsateid ja 7 kuivendussüsteemi kogupindalaga 5653,5 hektarit. (Järvelja, 2021)

Tabel 2. Järvelja metskonna puistute jagunemine peapuuliigi järgi

	Eraldiste pindala ha		Kaitstavad metsad		I rinde		
	Kogu	Keskmine	Pindalala ha	%	Kogu tagavara tm	Juurdekasv tm	Keskmine tagavara tm/ha
Kask	3850	1,83	1711	44,4	503146	18339	130
Mänd	1299	1,63	647,5	49,8	280177	3936	215
Kuusk	754,6	1,03	160,0	21,2	143077	5493	189
Sanglepp	496,4	1,35	112,7	22,7	81810	2661	164
Haab	148,9	1,03	29,59	19,9	20215	924	135,7
Pärn	31,28	0,85	16,24	51,9	6262	125	209,8
Hall lepp	16,88	0,60	6,64	39,3	2308	124	136,7
Lehis	12,67	0,55	2,74	21,6	3134	103	247,4
Teise okaspuud	7,58	0,47	0,66	8,7	788	74	104,0
Saar	3,30	1,65	3,30	100	593	3	163,4
Tamm	2,72	0,54	0,42	15	293	14	107,9
Nulg	1,16	0,15	0,06	5,2	135	8	116,1
Ebatsuuga	0,23	0,23	0,00	0,0	0	2	0,0
	<b>6625</b>	<b>1,55</b>	<b>2691</b>	<b>40,6</b>	<b>1042182</b>	<b>31805</b>	<b>157</b>

## 2.2 Välitööd

Uuritavaks alaks oli Järvelja metskond, kvartal JS292, eraldis 9, pindalaga 3,85 hektarit. Välitööd tehti november-detsember 2020. Jaanuar-veebruar 2021 keskenduti andmete analüüsimistele. Antud eraldisel 9, teostati raie 2011 aasta detsembris. Selleks ajaks oli puistu hinnanguline vanus 40 aastat. Tegemist on peamiselt puhtkuusikuga, kus esineb minimaalselt ka kaske (6%) , jalakat (1%) ja sangleppa (1%). Metsakasvukohatüübiks on naadi tüüp. (Metsaportaali, 2021)

Tabel 3. Eraldise üldiseloomustus peale raie ja eraldise üldiseloomustus enne raie. Rinnete tagavara ja rinna pindala

Eraldise üldiseloomustus pärast raie 2018			
Maakond	Põlva maakond		
Vald	Räpina vald		
Üksus	Järvelja MK 5 JS292		
Katastritunnus	45401:001:0295		
Kvartal	JS292		
Eraldis	9		
Pindala	3.85 ha		
Kasvukohatüüp	naadi		
Omandivorm	Avalik-õiguslik omand		
Metsakorraldusettevõtte	Metsabüroo OÜ		
Inventeerimise kp	19.09.2017		
Registrikande kp	16.04.2018		
%	Puuliik	Vanus (a)	Kõrgus (m)
92	kuusk	52	24
6	kask	50	25
1	jalakas	50	23
1	sanglepp	50	24

Eraldise üldiseloomustus enne raiet 2010										
Rinne	%	Puuliik	Pärit	Vanus	k.a.van	Sünd	Keskmine kõrgus H	Diameeter D	Puude arv hektaril tk/ha	Rinnas-pindala m <sup>2</sup> /ha
1	90	KU	I	43	55	1967	22,0	19,0	949	26,91
1	7	KS	S	40	52	1970	23,0	18,0	84	2,14
1	3	LM	S	40	52	1970	22,0	19,0	35	0,99
	0			0	0	0	0	0	0	0,00
	<b>100</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1068</b>	<b>30,0</b>

Enne raiet on näha, et eraldis 9 pindala oli 3.94 hektarit. Takseerandmed on aastast 2010.

Puistu seisundi hindamiseks valiti vaadeldavalt eraldiselt 20 esimese rinde kuuske, millelt igalt ühelt võeti puursüdamiku proovid ja mõõdeti rinnasdiameetrid, et hiljem vaadelda puude kasvu enne raiet ja pärast raiet. Puursüdamikelt loeti kokku kõik aastarõngad. Jagati eraldi rühmadesse harvendusraiest vähem mõjutatud, keskmiselt mõjutatud ja tugevasti mõjutatud puud. Iga puu juures vaadeldi puu ümbrust 5 meetri raadiuses konkureerivate puude suhtes, kui suur osa neist on ära rajatud ja kui palju konkurente on alles jäetud. Loeti kokku kõik kannud ja konkurendid. Igal konkurentpuul mõõdeti ka rinnasdiameeter.

Põhilised välitööl kasutatud vahendid olid klupp, mõõdulint, juurdekasvupuur, kõrgusmõõtja Vertex IV.

Proovitükil valiti välja üks objektpuu mille ümber loeti kokku kõik konkurendid 5 meetri raadiuses. Selleks kasutati kauguse/kõrguse mõõtjat Vertex IV. Objektpuu, mille ümber ka vaadeldi konkurente, pidi olema terve ja elujõuline esimeses rindes kasvav kuusk. (vt. Joonis 5)



Joonis 5. Vertex IV kasutamine. (Foto: Kaarel Jõgi)



Puursüdamiku proov sai võetud kõigilt objektpuudelt puult, mille kasvu hakati hiljem aastarõngastelt uurima (vt. Joonis 6).



Joonis 6. Juurdekasvuproovide võtmine akutrelli ja juurdekasvupuuriga. (Foto: Kaarel Jõgi)

Rinnasdiameeter mõõdeti igal puul juures 1,3 meetri kõrgusel juurekaelast (vt. Joonis 7).



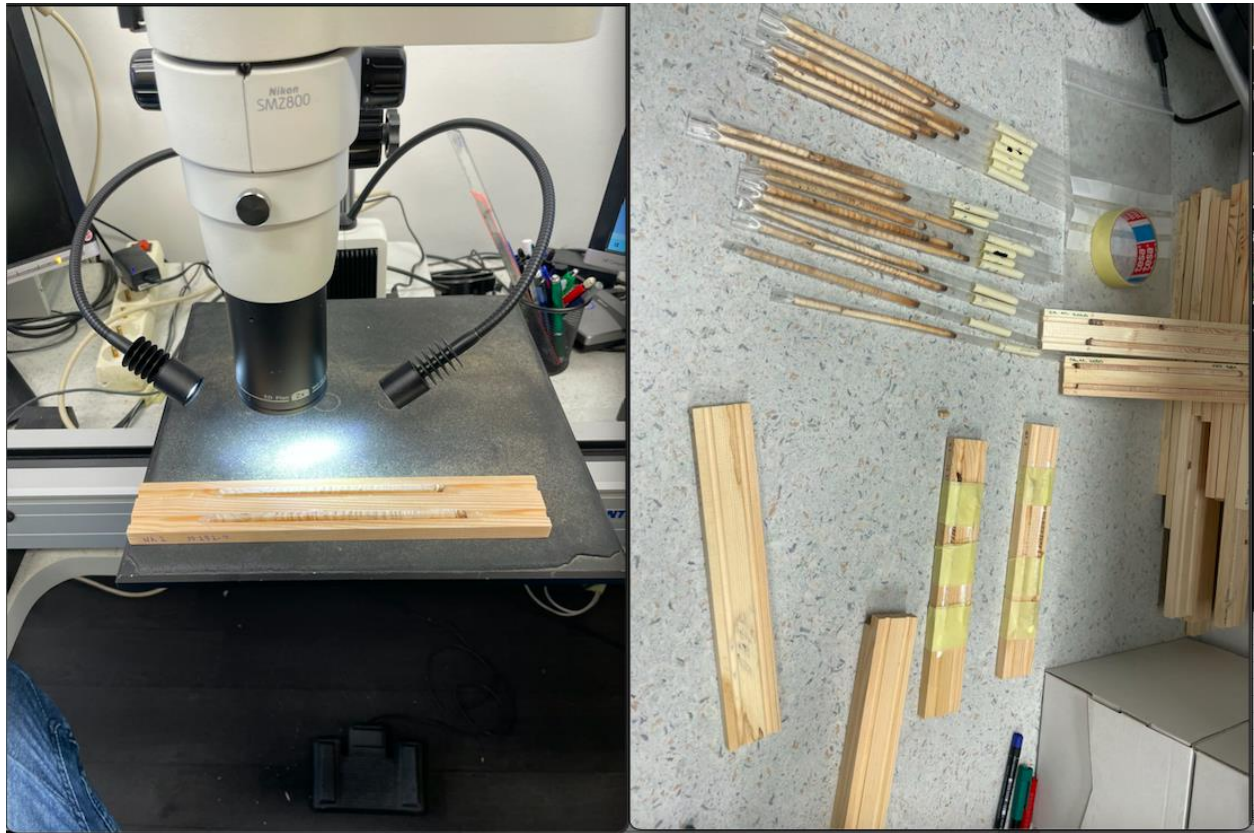
Joonis 7. Puude diameetrite mõõtmine klupiga (Foto: Kaarel Jõgi)

## 2.3 Sisetööd ja andmetöötlus

Metsast kogutud puursüdamikud kleebiti eraldi puidust alustele ja lihviti. Aastarõngaste lugemiseks ja mõõtmiseks kasutati rakendust TSAP-Win™ (Rinntech-Metriwerk GmbH & Co. KG) koos LINTAB-seadmega ja mikroskoopi Nikon SM2800 (Joonis 8). Puursüdamike andmete kvaliteedi hindamiseks/analüüsimiseks kasutati ristdateerimise vabavara COFECHA. Eraldise analüüs tehti Metsaregistri avaliku veebiportaali põhjal. Välitööde teostamisel märgiti kõik andmed eraldi kirjalikult paberile ja hiljem sisestati arvutiprogrammi MS Excel, kus teostati kogu andmete analüüs. Sai tehtud erinevaid tabeleid ja arvutusi aastarõngaste uurimiseks. Puidu konkurentsindeksi arvutamiseks kasutati Hegyi indeksit 5 m konkurentsitsoonis koos aktiivsete



konkurentide väljaselgitamisega vastavalt Kobra Maleki (2016) doktoritöös välja toodud metoodikale ja valemitele.

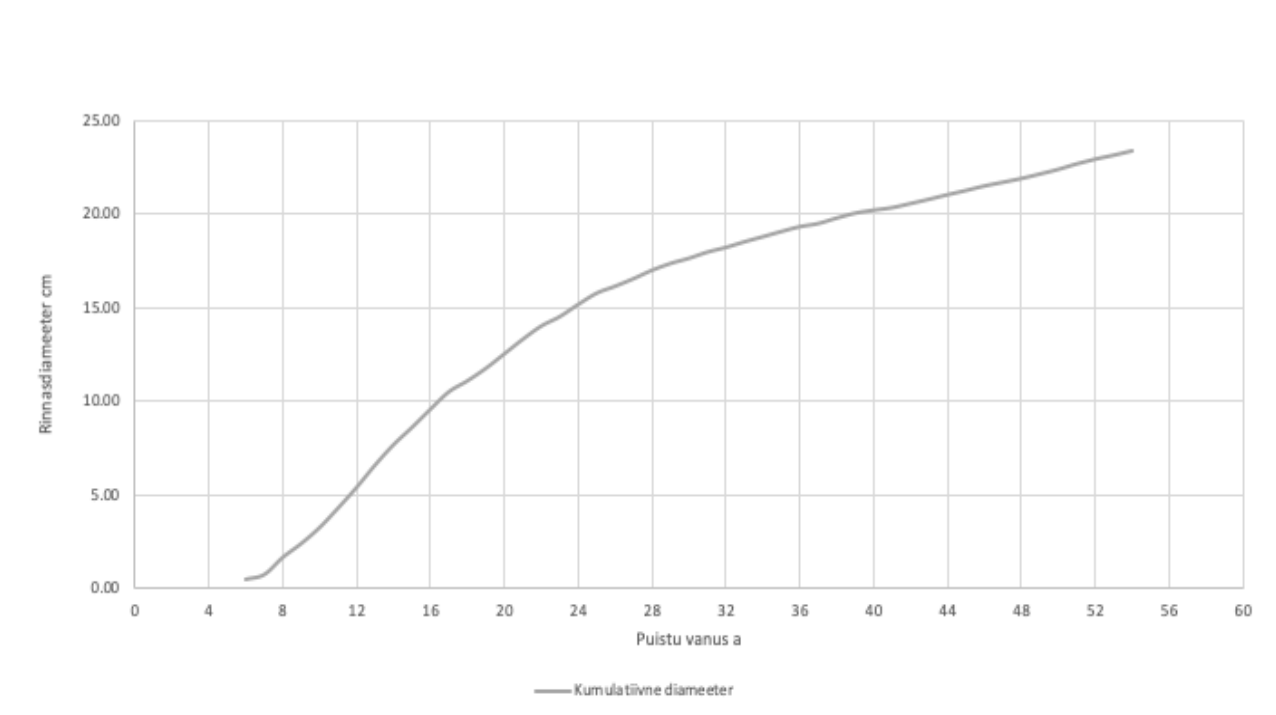


Joonis 8. Mikroskoop Nikon SM2800 ja kuuse puursüdame mõõtmine (Foto: Kaarel Jõgi)

### 3. TULEMUSED

#### 3.1 Puistu seisund enne raiet

Puistu istutati 1967 aastal. Vaadeldes andmeid on puistu nooremas eas kuni vanuseni 28 suhteliselt kiire kasvuga, ehk siis 1995 aastani, aga pärast seda on kasv aeglustunud. See võib olla tingitud mitmetest põhjustest näiteks, teatud vanuseni (28.a.) oli puudel keskmiselt kasvuruumi piisavalt, seejärel jäi kasvuruum väheseks. Puistu tagavara oli hinnatud 324,5 tihumeetrit 2010 aastal. Rinnaspindala on 30,04 m<sup>2</sup>/ha ja puistu täius 87,65 %. Metsateatis esitati 2011 aasta sügisel. Raie tehti 2011. a. lõpus või 2012 a. alguses.



Joonis 9. Puistu keskmise rinnasdiameetri kumulatiivne kasvukäik.

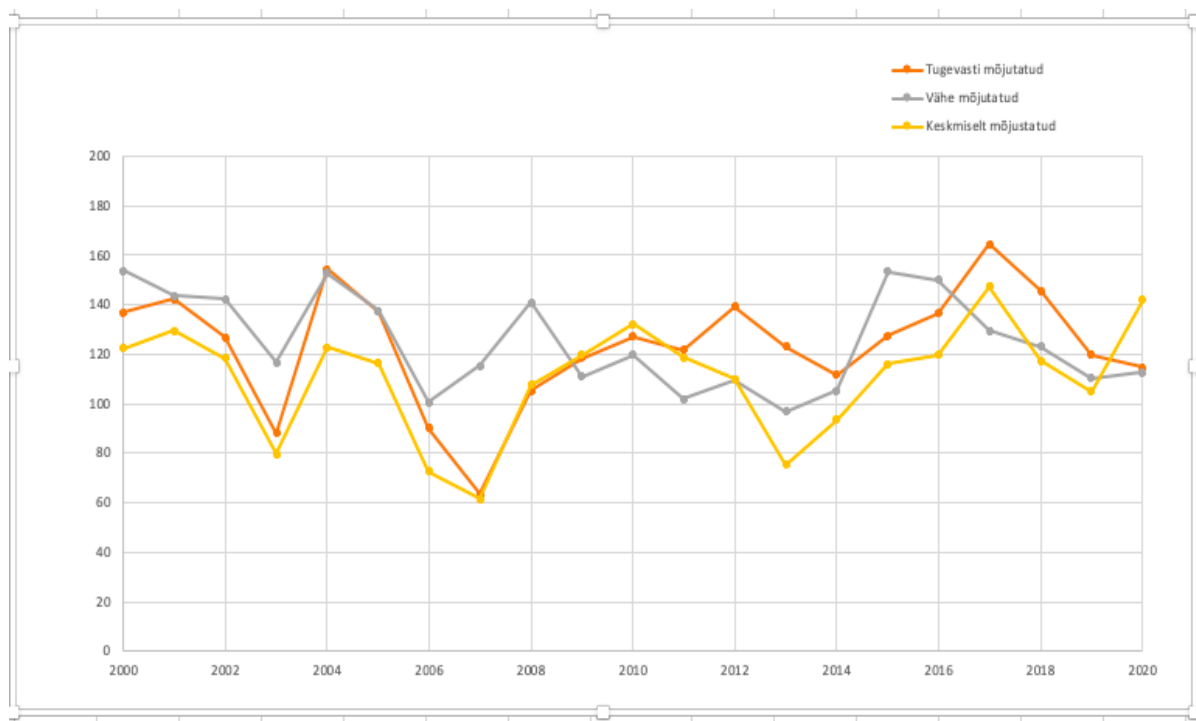
### 3.2 Puistu seisund pärast raiet

Raie toimumise ajaks oli puistu vanus 43 aastat. Puistu hinnanguline tagavara pärast harvendusraiet oli 307,6 tihumeetrit, rinnaspindala on 27 m<sup>2</sup>/ha ja puistu täis on 75,69 %.

Pärast harvendusraiet on selgesti märgatavad väiksed muutused puistu puude radiaalkasvus.

### 3.3 Puude juurdekasv

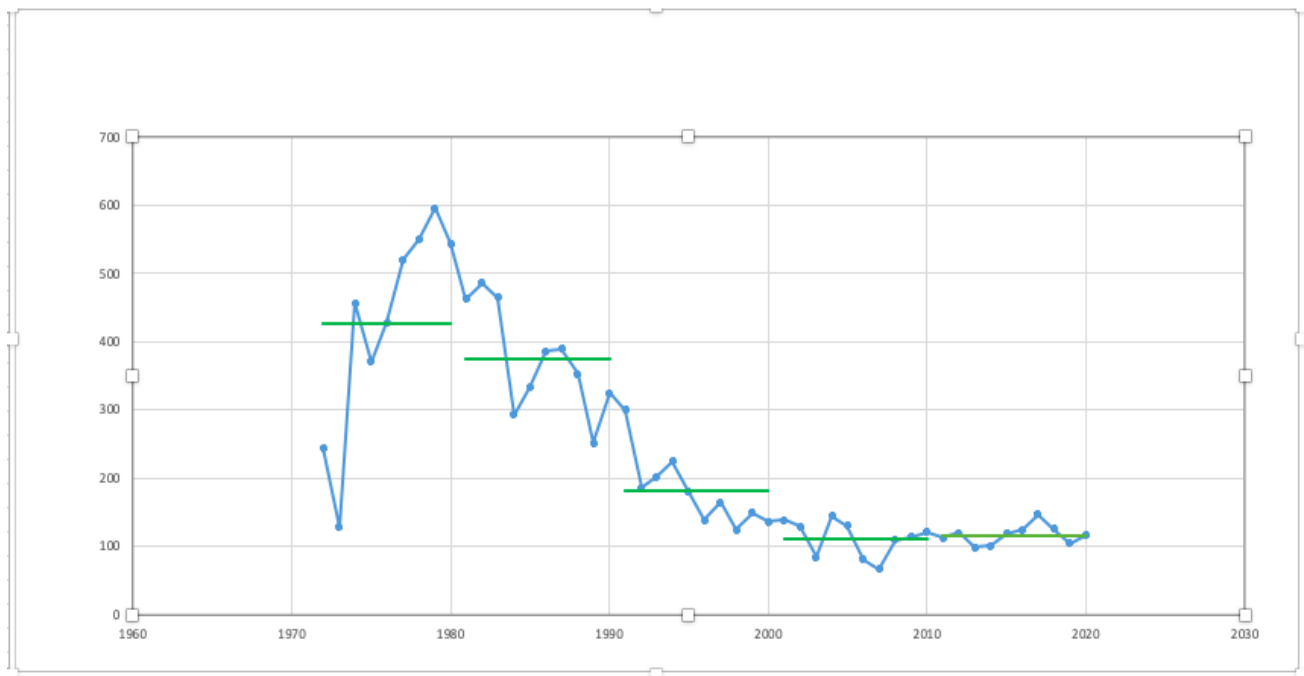
Andmetelt on näha, et puistul kulub uute tingimustega kohanemiseks aega umbes 2 aastat ja pärast seda kasv kiireneb hinnanguliselt 3 aastat, aga pärast seda jälle aeglustub. Tugevasti mõjutatud puudel on uute tingimustega kohanemise aeg pikem kui vähem ja keskmiselt mõjutatud puudel. Üldjoontes kui võrrelda kõiki 3 klassi (tugevasti, keskmiselt ja vähem mõjutatud) (vt. Joonis 10) puude reageerimist harvendusraiele, siis suuri muutusi ei ole toimunud. Kokkuvõttes suurenes puude kasv umbes 9 protsenti.



Joonis 10. Tugevasti, keskmiselt ja vähem mõjutatud puude keskmine radiaalne juurdekasv (sajandikmillimeetrites) aastate lõikes.

Kõigi kolme klassi ja võeti keskmine tulemus, mis näitab selgesti, et väga suuri muutusi ei ole harvendusraie puude radiaalsele juurdekasvule andnud. Kui vaadata (vt. Joonis 11) vahemike 2002-2012 ja 2012-2021, mis on märgitud rohelise joonega, siis juurdekasvu proovide tulemused näitavad, et muutused on minimaalsed.

Puude juurdekasvu võrdlemisel Hegyi konkurentsindexiga osutus seos väga nõrgaks (korrelatsioonikordaja 0,19), samuti ka harvendusraie tulemusena (võrreldavad perioodid 2003-2011 ja 2012-2020) puude juurdekasvu muutuse seos Hegyi konkurentsindexi muutusega osutus nõrgaks (korrelatsioonikordaja -0,27).



Joonis 11. Kõigi puude keskmine radiaalne juurdekasv (sajandikmillimeetrites) aastate lõikes.

Rohelised jooned väljendavad perioodide keskmisi.

## 4. ARUTELU

Uuritud eraldisel hinnati harvendusraie järgset ja enne raiet olevat seisundit puude aastarõngaste analüüsi tulemuste põhjal. Kui vaadelda puude radiaalkasvu 10 aastat enne raiet ja pärast siis olulisi muudatusi puude kasvus toimunud ei ole. Raie on tehtud vastavalt metsaseaduses kehtestatud reeglite järgi ehk siis harvendusraie täius ei lange alla 60%, mis siin konkreetselt on 87,65 protsenti enne raiet ja pärast raiet 75,69 protsenti pärast raiet. Täius vähenes raie tulemusena ainult 11,96 protsenti.

Vaadeldes proovitükki elujõulisust, siis andud puistu on hästi hooldatud, lamapuidu esinemise protsent on minimaalne. Lamapuidu esinemine oli märgatav pigem metsa servas, kus tuulel on suurem ligi pääs. Erinevad uuringud, mis on tehtud puhtkuusikutes, siis haigustest, mis seal esinevad on tavaliselt kas juurepess võis siis kuuse-kooreürask. Juurepessu enimemist antud puistus ei olnud. Paaris kohas oli märgata uluki kahjustusi, aga see oli ka minimaalne. Alusmets oli korralikult hooldatud.

Analüüsides antud katseala on harvendusraiega hilinetud ja on olnud liiga väike raiekraad, mille tulemusena ei ole märgata tähelepanuväärset raiejärgset kasvu kiirenemise efekti.

Kuusikute majandamiseks leidub tänapäeval ka paremaid võimalusi. Näiteks antud puhtkuusikus raiuti harvendusraiega välja 11,96 protsenti puidu mahust ja on näha et see suuri muutusi puude radiaalsele juurdekasvule ei toonud. Võibolla oleks pidanud see väljaraie olema suurem, näiteks 20-25%, mille tulemusena oleksime näinud suuremat muutust puude kasvus. Täius oleks langenud siis 67-62 protsendini. Positiivselt vaadeldes vähendaks suurem raiekraad puude omavahelist konkurentsi. Neil oleks rohkem toitaineid ja valgust, mida ära kasutada ja lisaks veel puud, mis on kasvus pisut alla jäänud ülevalitsevatele ja valitsevatele puudele, saaksid ka rohkem toitaineid, kui varem. Samas eraldisel tugevamini harvendatud kohtades ei näidanud allesjäänud puud märkimisväärselt suuremat juurdekasvu muutust kui vähemharvendatud kohtades. Seoses puudevahelise konkurentsi ja radiaalse juurdekasvu vahel osutusid (väga) nõrgaks.

Aga samas kui vaadelda negatiivset mõju suurema raiekraadina puhtkuusikus, siis võib tekkida suurem oht tormimurrule, kuna kuuse juurestik on väga pinnalähedane. Proovitükk piirnes suurema lagealaga, kus tuulel on suurem ligipääs. Seal on 2018 lageraie teostatud. Sellest tingitult oli metsaservas märgata ka tormimurdu. Kui proovitükk piirneks tihedama metsaga, siis oleks suurem raiekraad mõistlikum. Antud kinnistul oleks raiekraad võinud olla suurem, sest kui harvendusraie teostati piirnes antud kinnistu tiheda metsaga.

Lisaks veel antud proovitüki puude puursüdamike analüüsidest oleks võinud harvendusraie toimuda varem näiteks 2002 aastal, kui puistu hinnanguline vanus oli 33 aastat. Kui raie oleks varem teostatud oleksime ilmselt näinud suuremat muutust. 2002 aastaks on näha, et puude radiaalkasv oli juba oluliselt pidurdunud. Katsetulemustele tuginedes oleks radiaalkasv puudel parem olnud kui hetkel hinnanguliselt 9 protsenti. Nooremas eas on puudel suurem potentsiaal oma kasvu parandada, nad on värskemad. Näiteks puidus toimuvad erinevad protseduurid nii öelda ainevahetus on parem kui seda vanemas eas. Sellest tingitult kui raiega hilineda, siis hiljem ei anna see enam hüppelist efektiivsust puidu arengule.



## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö põhieesmärk oli hinnata puhtkuusikus harvendusraie mõjust puude radiaalsele juurdekasvule, nimelt kuidas harvendusraie mõjutab puude radiaalkasvu kui kasvavalt puult raiutakse lähim naaber ja kuidas puu kasutab ära olemasolevat ruumi kasvamiseks.

Uuringust selgus, et 2012 aastal toimunud harvendusraie eraldisel JS292-9 erilist mõju puude radiaalsele juurdekasvule ei omanud. Puude kasv peale raiet oli sarnane olukorraga enne raiet. Analüüsides andmeid võiks antud eraldisel teha uuendusraie kohe, sest puistu radiaalkasv on oluliselt pidurdunud.

Püstitatud hüpoteesidest võib lugeda mitte tõesteks number ühe, mis oli üks hüpoteesidest: 1) harvendusraie muudab radiaalselt juurdekasvu erinevatel puudel erinevalt ja see sõltub eelkõige puudevahelise konkurentsi muutumisest. Hüpotees number kahe võib pigem lugeda positiivseks: 2) puude radiaalkasv sõltub rohkem kasvuruumi suurusest kui kasvuruumi muutumisest harvendusraie käigus. Mida rohkem puudele kasvuruumi anda seda kiiremini ta kasvab aga siis, kui seda teha õigel ajal.

# THE IMPACT OF THE THINNING ON THE RADIAL GROWTH OF THE TREES IN SPRUCE STAND

## SUMMARY

The main focus of the bachelor work was to give an overview on the impact of thinning on the radial growth of the trees in spruce stand. Also, how thinning affects the trees in different tree competition situation.

If you want to get maximum value of the forest in the future, you have to take care of forest on a regular basis. A lot of different research has shown that managing spruce stands is more difficult than other forests. The current thesis examines the impact of the thinning on the radial growth of the trees in spruce stand. The thesis is based on the data collected during the fieldwork. The examined periods were 10 years before and 10 years after the thinning. The studied stand area is 3.85 hectares and there was 92 per cent spruce. During the field work drill cores were taken from the 20 trees and later on examined in the laboratory. The thinning was done in the beginning of 2012.

Today, the thinning cycle of spruce should be shorter than in the past. It especially seems true on fertile soils, e.g. in *Oxalis* and *Aegopodium* forest site types. Based on the forest law the cutting age of the current spruce stand is 60 years. Using the TSAP-Win™ application the cutting that was performed in 2012 showed that the radial growth of the trees did not change remarkably. There were only very small changes in the radial growth. Data analysis shows that the stand is ready for regeneration cutting.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Aitsam, V.** (2013, Aprill 27). *Maaleht*. [<https://maaleht.delfi.ee/artikkel/66023874/kui-kuusik-kooritud-tuvedest-lausa-valendab?> ] (04.04.2021)
2. **Aruste, K.** (2008). Juurepess rikub kuusepuitu - *Maaleht*, 31. juuli 2008  
[<https://maaleht.delfi.ee/artikkel/23958269/juurepess-rikub-kuusepuidu>] (02.05.2021)
3. Järvelja. (2021). *SA Järvelja Õppe- ja Kaitsemetskond*.  
[<https://jarvelja.ee/sihtasutusest/metsanduslik-info/>] (03.03.2021)
4. Keskkonnaminister. (2021). *Metsa majandamise eeskiri*.  
<https://www.riigiteataja.ee/akt/13129185?leiaKehtiv>
5. **Kosenkranus, T.** (2016). Kasvatame metsa mõistlikult raiudes. *Sinu Mets*, juuni 2016, 8-9.  
[[https://www.eramets.ee/wp-content/uploads/2014/04/sinu\\_mets\\_juuni\\_2016-1.pdf](https://www.eramets.ee/wp-content/uploads/2014/04/sinu_mets_juuni_2016-1.pdf)]
6. **Korjus H., Mets, M., Kangur, A.** (2020). Harvendusraietel toimunud metsaõigusnormide rikkumise juhtumite hindamine. *Metsanduslikud uurimused*, 73, 145-151.
7. **Maamets, L.** (2020). Kuusikud Eestis. *Eesti Loodus*, juuni 2020, 12-16.  
[[https://pysimetsayhistu.ee/wp-content/uploads/Eesti-Loodus\\_6-2020\\_Maamets\\_kuusikud.pdf](https://pysimetsayhistu.ee/wp-content/uploads/Eesti-Loodus_6-2020_Maamets_kuusikud.pdf)]
8. **Maleki, K.** (2016). Analysis of tree competition and structural indices with a focus on modelling Silver birch (*Betula pendula* Roth) stands. Doktoritöö. Eesti Maaülikool metsandus- ja maaehitusinstituut. 165 lk.
9. Mets (2019). rmt: *Aastaraamat*. Keskkonnaagentuur.
10. Metsaportaali . [<https://register.metsad.ee/#/>] (2021)
11. Metsaseadus. (2021). (vastu võetud 07.06.2006, viimati jõustunud 01.01.2007, osaliselt 01.07.2007). - *Riigi Teataja* <https://www.riigiteataja.ee/akt/MS> (04.01.2021)
12. Metsa majandamise eeskiri. (vastu võetud 27.12.2006, viimati jõustunud 12.01.2007). - *Riigi Teataja* [<https://www.riigiteataja.ee/akt/13129185>] (19.03.2021)
13. **Roos, A.** (2021). Ehituskool.  
[[https://www.ehituskool.ee/files/8714/5856/8454/2.\\_Tuve\\_ehitus.pdf](https://www.ehituskool.ee/files/8714/5856/8454/2._Tuve_ehitus.pdf)] (25.03.2021)
14. **Sander, R.** (2011). 101 Eesti puud ja põõsast: metsas, pargis, aias. Tallinn: Varrak, 222 lk.

15. **Soolmann, E.** (2014). *Harvendusraied*. [<http://www.metsahaldur.ee/blogi/118-nouanded/353-harvendusraied?showall=1&limitstart> ] (15.03.2021)
16. **Tullus, H.** (2002). The influence of intermediate cuttings on the growth of pine and spruce forests, silvicultural recommendations. *Metsanduslikud Uurimused*, 36, 126-135.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kaarel Jõgi,

(sünniaeg 19/01/96 39601192727)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Harvendusraie mõju puude radiaalsele juurdekasvule kuusikus,  
mille juhendaja(d) on Henn Korjus,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete  
kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(allkiri)

Tartu, 25.05.2021

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_  
(kuupäev)